

Segmentation d'images par cartes auto-organisantes de Kohonen

René Natowicz

Ecole Supérieure d'Ingénieurs en Electrotechnique et Electronique
Cité Descartes B.P. 99 - 93162 Noisy le Grand cedex - France

RÉSUMÉ

ABSTRACT

Nous proposons une méthode multi-résolutions de segmentation d'images qui repose sur la propriété de tonotopie des cartes auto-organisantes de Kohonen : après avoir quantifié l'ensemble des niveaux de gris d'une image, la segmentation est le calcul de l'ensemble des pixels pour lesquels la tonotopie est spatialement en défaut. La méthode proposée s'applique sans changement à la segmentation d'images par bloc plutôt que par pixel et à la segmentation d'images en couleurs.

A method for multi-resolution segmentation of digital images is proposed. This method relies upon the tonotopy property of self-organizing feature maps : one quantizes the image set of grey levels and defines the image segmentation as the set of pixels for which the tonotopy property does not spatially hold. The depicted method can without any change be used for segmenting images on the basis of pixel-blocks instead of single pixels or for segmenting color images.

1. Introduction.

Dans le domaine du traitement d'images les cartes auto-organisantes de Kohonen [1,2] ont été utilisées en compression [3,4] et en segmentation basée sur les textures [5,6]. Nous présentons dans cet article une méthode multi-résolutions de segmentation d'images, basée sur la propriété de tonotopie des cartes de Kohonen. La méthode proposée sera présentée sur des images en niveaux de gris pour une segmentation de l'ensemble des pixels, mais elle peut être utilisée sans changement pour segmenter l'ensemble des blocs de pixels d'une image en niveau de gris [7] ou l'ensemble des pixels d'une image en couleurs.

La méthode proposée est définie par les étapes suivantes :

1. On quantifie l'ensemble des niveaux de gris présents sur l'image à l'aide d'une carte de Kohonen. La propriété de tonotopie des cartes de Kohonen assure que deux niveaux de gris voisins seront représentés par des cellules spatialement voisines sur la carte.
2. On définit un voisinage spatial sur l'image.
3. On définit un voisinage spatial sur la carte.

4. On considère la fonction de codage qui à chaque pixel associe la cellule qui code son niveau de gris. La segmentation est le calcul pour les voisinages définis, de l'ensemble des points de discontinuité spatiale de la fonction de codage.

Dans ce qui suit, on considère des cartes auto-organisantes à une dimension ; on souligne que la segmentation est adaptative dans le sens où plus un intervalle de niveaux de gris est représenté sur l'image, plus fine est la segmentation dans cet intervalle ; on donne un exemple de segmentation d'image à différentes résolutions.

2. Définition de la méthode de segmentation et résultats.

On considère une image en niveaux de gris que l'on souhaite segmenter. Soit P l'ensemble de ses pixels et G l'ensemble des niveaux de gris présents sur l'image. Un pixel $p \in P$ est caractérisé par son niveau de gris $g \in G$ et sa position (x, y) dans l'image, ainsi a-t-on $p = (g, (x, y))$. On considère également une carte de Kohonen K à une dimension et m cellules, $K = \{k_1, \dots, k_m\}$, quantifiant l'ensemble G des niveaux de gris de l'image [3,4].



Puisque la carte quantifie l'ensemble des niveaux de gris, elle définit une application C , $C: G \rightarrow K$, $g \mapsto C(g)$, application de codage qui, à tout niveau de gris, associe la cellule de la carte ayant la valeur la plus proche. La propriété de tonotopie des cartes de Kohonen assure que deux valeurs de niveaux de gris g et g' proches, ont des images $C(g)$ et $C(g')$ spatialement proches sur la carte.

On étend maintenant à l'ensemble des pixels P le domaine de définition de l'application de codage, $C: P \rightarrow K$, $p = (g(x, y)) \mapsto C(g)$. La tonotopie est une propriété de l'application de codage définie sur l'ensemble quantifié des niveaux de gris mais n'est pas une propriété de l'application de codage étendue à l'ensemble des pixels. On peut à présent avoir deux pixels spatialement proches et codés par des cellules éloignées sur la carte. La méthode que nous proposons n'est autre que la détection de ces situations. Plus formellement, on définit un voisinage spatial sur l'image et un voisinage spatial sur la carte :

1. Voisinage spatial sur l'image : à tout pixel p intérieur à l'image est associé l'ensemble $V_I(p)$ des pixels du 5-voisinage centré en p .

2. Voisinage spatial sur la carte : à toute cellule k est associé l'ensemble $V_K(k, r)$ des cellules à distance inférieure ou égale à r , au sens de la longueur des chemins sur la chaîne de cellules qui constitue la carte. Le paramètre r est le rayon du voisinage centré sur la cellule k .

On définit alors l'ensemble des pixels de segmentation comme l'ensemble $S(r)$ des pixels dans le voisinage desquels la propriété de tonotopie est spatialement en défaut :

$$p \in S(r) \Leftrightarrow \exists q, q \in V_I(p), \\ C(q) \notin V_K(C(p), r)$$

Le voisinage choisi sur l'image est ici le 5-voisinage, mais tout autre voisinage convient (e.g., 9-voisinage). Le voisinage sur la carte dépend du rayon r et l'on obtient pour une même carte de Kohonen, des segmentations à niveaux de détails variables selon sa valeur : $S(r)$ et $S(r')$ étant les ensembles de pixels de segmentation calculés pour les rayons r et r' , on a $r' \leq r \Rightarrow S(r) \subseteq S(r')$.

L'extension de cette méthode à la segmentation d'images en couleurs ou à la segmentation d'images par bloc est directe car seul change l'ensemble quantifié (vecteurs rouge-vert-bleu de l'image ou bloc-vecteurs de l'image).

La méthode proposée a la propriété de calculer une segmentation plus fine dans les intervalles de niveaux de gris les plus représentés sur l'image. Cette propriété résulte du fait que la carte de Kohonen quantifie l'ensemble des niveaux de gris de l'image ; les intervalles les plus représentés sont alors les plus échantillonnés. En considérant l'image inverse de l'application de codage, on obtient la preuve de cette propriété [7].

On présente en annexe l'exemple d'une segmentation multi-résolutions obtenue par la méthode proposée. L'image de microscopie traitée est une coupe de muscle, codée sur 256 niveaux de gris. Une carte de Kohonen de 50 cellules et à une dimension a quantifié l'ensemble des niveaux de gris. Le voisinage sur l'image est le 5-voisinage. On donne l'image originale, l'image codée par la carte sur 50 niveaux de gris puis les 14 segmentations correspondant à des rayons de voisinage allant de 0 à 13.

Références

- [1] T. Kohonen, "Self-organization and associative memory", Springer-Verlag Berlin, 1984.
- [2] - "The self-organizing feature map", proc. of the I.E.E.E., vol. 78, n° 9, Sept, 1990.
- [3] N.M. Nasrabadi, Y. Feng, "Vector quantization of images based upon the Kohonen self-organizing feature map", I.E.E.E. Int. Conf. on Neural Networks, pp. 101-108, San Diego Ca., 1988.
- [4] E. le Bail, A. Mitchie, "Quantification vectorielle par le réseau neuronal de Kohonen", Traitement du Signal, vol. 6, n° 6, 1989.
- [5] A. Visa, "Identification of stochastic textures with multiresolution features and self-organizing maps", Int. Conf. on Pattern Recognition, pp. 518-522, Atlantic City, 1990.
- [6] O. Simula, A. Visa, "Self-organizing feature maps in texture classification and segmentation", I.C.A.N.N. 92, pp. 1621-1628, Brighton, 1992.
- [7] R. Natowicz, R. Sokol, "self-organizing feature maps for image segmentation", Int. Work. on Neural Networks, Barcelona, Juin 1993, pp 426-431.



